

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-073021

(43)Date of publication of application : 18.03.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 07-251984

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 05.09.1995

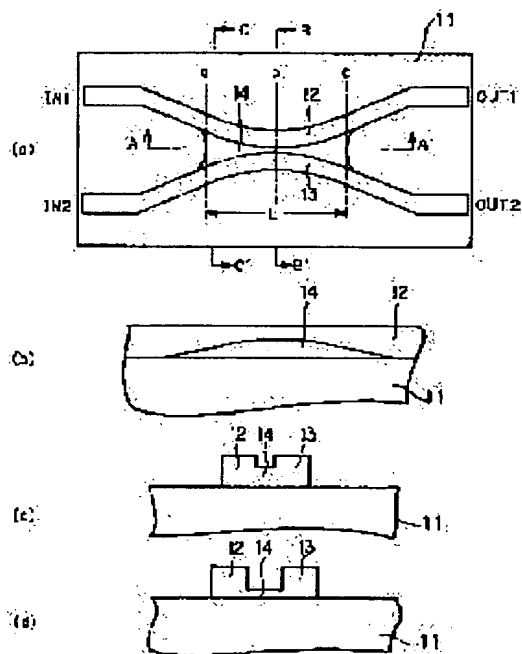
(72)Inventor : HIDAHA HIROMI

(54) DIRECTIONAL COUPLER AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a directional coupler capable of being formed in a small area and obtaining an excellent performance with low losses and wavelength dependency.

SOLUTION: In a directional coupler arranged on a substrate 11 with a coupling area in which two optical waveguide paths 12, 13 are adjacent to each other at a prescribed interval, an optical coupling layer 14 made of the same material as that for the optical waveguide paths 12, 13 of which 11, 12 the bottom parts are connected to the coupling area of the two optical waveguide paths 12, 13 is provided. A pattern is formed so that the two optical waveguide paths 12, 13 becomes most adjacent to each other in their interval at the center part of the coupling area and the interval becomes wider with distance from there, and the film thickness is adjusted so that the optical coupling layer 14 is the thickest at the center part of the coupling area and becomes gradually thinner with distance from there.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3562670

[Date of registration] 11.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-73021

(43)公開日 平成9年(1997)3月18日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 2 B 6/122

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平7-251984

(22)出願日 平成7年(1995)9月5日

(71)出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72)発明者 日高 啓視

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉工場内

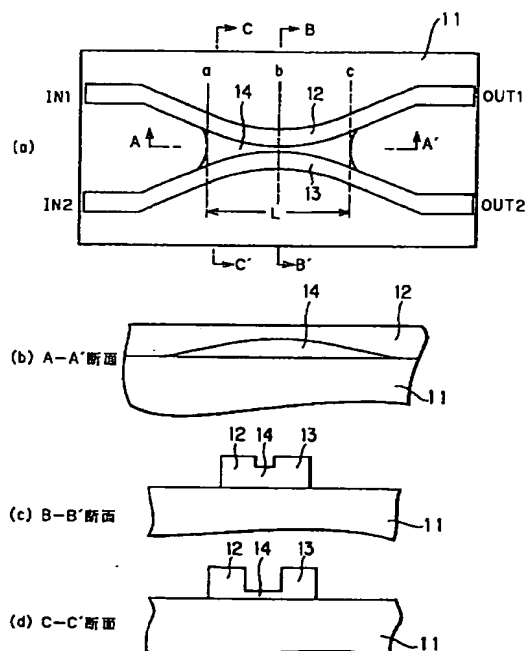
(74)代理人 弁理士 伊丹 勝

(54)【発明の名称】 方向性結合器およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 小さい面積に形成することが可能で、かつ波長依存性や損失の少ない優れた性能を得ることができる方向性結合器を提供する。

【解決手段】 基板11に2本の光導波路12、13が所定の間隔で隣接する結合領域をもって配設された方向性結合器において、2本の光導波路12、13の結合領域にこれら2本の光導波路12、13の底部を連結する光導波路12、13と同じ材料からなる光結合層14が設けられる。2本の光導波路12、13は結合領域の中央部で間隔が最小になりここから離れるにつれて間隔が大きくなるようにパターン形成され、かつ光結合層14は結合領域中央部で最も厚くこれから離れるにつれて徐々に薄くなるように膜厚が調整される。



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板に2本の光導波路が所定の間隔で隣接する結合領域をもって配設された方向性結合器において、

前記2本の光導波路の結合領域にこれら2本の光導波路を連結する光導波路と同じ屈折率の光結合層が設けられていることを特徴とする方向性結合器。

【請求項2】 前記2本の光導波路は、前記結合領域の中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるようにパターン形成されていることを特徴とする請求項1記載の方向性結合器。

【請求項3】 前記光結合層は前記結合領域の中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚が調製されていることを特徴とする請求項1または2に記載の方向性結合器。

【請求項4】 基板表面に基板より高屈折率の層を形成し、前記高屈折率の層上に耐エッチングマスクを形成して前記高屈折率の層を選択エッチングして所定間隔で隣接する結合領域を持つ2本の光導波路を形成する方向性結合器の製造方法において、

前記耐エッチングマスクを、形成されるべき2本の光導波路の結合領域の中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるような2本のマスクパターンとして形成し、

前記選択エッチング特性を利用して、形成される2本の光導波路の結合領域に、その底部を連結し、中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚が調製された前記高屈折率の層からなる光結合層を形成することを特徴とする方向性結合器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光通信システムにおける光集積回路に有用な方向性結合器に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、光集積回路等に用いられる方向性結合器として、図5に示すものが知られている。これは、基板51の表面に、2本の光導波路52、53を微小間隔dを持つ距離lの結合領域を持たせてパターン形成して得られる。この方向性結合器は、二つの入力ポートIN1、IN2のうち例えば入力ポートIN1からの入力光を二つの出力ポートOUT1、OUT2に振り分ける働きをする。

【0003】この方向性結合器は、隣接する導波路52、53間の漏れ電界（エバネセント電界）の干渉による結合を利用したもので、隣接導波路への結合の割合は、結合領域の長さlを変えることにより、0～100%の範囲で変えることができる。一方の導波路の光を完全に他方の導波路に移行させるに必要な結合領域の長さを完全結合長という。完全結合長は、結合領域の導波路間隔d、導波路の寸法および入射光の波長等によって決

まる。従って結合領域の長さを適切に設定することにより、例えば一方の入射端から入射された光を波長に応じて二つの出力端に振り分けることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一方、方向性結合器の他の用途として、例えば、図6に示すような、複数波長の信号光を8チャンネルに分配するといった光分配システムがある。ここで方向性結合器61は、一方の入力ポートIN1に入る波長 λ_1/λ_2 （例えば $\lambda_1=1.3\mu\text{m}$ 、 $\lambda_2=1.5\mu\text{m}$ ）の信号光を導波路62、63に1:1で分岐するもので、更にそれらの分岐光は2分岐、2分岐を繰り返して8分岐されて出力ポートOUT1～OUT8に取り出される。また、もう一つの入力ポートIN2には例えば入力ポートIN1への信号供給が故障で断たれたときに予備の信号光源の信号光が用意される。この予備の信号光が入力されたときも同様に、方向性結合器61でこれが導波路62、63に2分岐され、更にそれらの分岐光が2分岐を繰り返して、8分岐されて出力ポートOUT1～OUT8に取り出される。

【0005】このような光分配システムに用いられる方向性結合器61は波長依存性がないことが必要である。しかし図5に示した従来の方向性結合器は波長依存性を有し、例えば波長 λ_1 で入力光を1:1に分岐するように結合領域が設計された場合、異なる波長 λ_2 では、1:1の光分岐ができない。従って図6のような光分配システムにはそのまま適用することが難しいという問題がある。また方向性結合器を各種光集積回路の回路要素とするには、できるだけ小さい面積に形成できることが望まれる。しかし従来の方向性結合器は、結合領域の二つの導波路の間隔が一定であり、この間隔が大きいため完全結合長が長くなり、小さい面積に形成することが難しい。占有面積の小型化のためには、二つの導波路の結合領域の間隔を小さくすることが必要であるが、これは加工技術の限界により制限される。

【0006】この発明は上記事情を考慮してなされたもので、小さい面積で波長依存性や損失の少ない優れた性能を得ることができる方向性結合器を提供することを目的としている。この発明はまた、上述の優れた性能の方向性結合器を簡単な工程で得ることができる方向性結合器の製造方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、基板に2本の光導波路が所定の間隔で隣接する結合領域をもって配設された方向性結合器において、前記2本の光導波路の結合領域にこれら2本の光導波路を連結する光導波路と同じ屈折率の光結合層が設けられていることを特徴としている。この発明において好ましくは、前記2本の光導波路は、前記結合領域の中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるようにパターン形成され、また好ましくは前記光結合層は前記結合領域

THIS PAGE BLANK (USPTO)

の中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚が調製されていることを特徴とする。

【0008】この発明はまた、基板表面に基板より高屈折率の層を形成し、前記高屈折率の層上に耐エッチングマスクを形成して前記高屈折率の層を選択エッチングして所定間隔で隣接する結合領域を持つ2本の光導波路を形成する方向性結合器の製造方法において、前記耐エッチングマスクを、形成されるべき2本の光導波路の結合領域の中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるような2本のマスクパターンとして形成し、前記選択エッチングの工程で、前記耐エッチングマスクの間隔が小さくなるにつれてエッチング速度が低下するエッチング特性を利用して、形成される2本の光導波路の結合領域に、その底部を連結し、中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚が調製された前記高屈折率の層からなる光結合層を形成することを特徴とする。

【0009】この発明によると、2本の光導波路の結合領域にこれらの光導波路を連結する光導波路と同じ屈折率の光結合層を設けることによって、実質的に2本の光導波路が結合領域で一体のものとなり、一方の光導波路に入力された光信号を1:1の割合で2分岐することができる。この結合は、通常方向性結合器における漏れ電界の重なりを利用するものと異なり、波長依存性が少なく、従って波長に拘らず信号光を2分岐するという用途に適用して有効である。また、結合領域では光導波路が光結合層を介して直接連結されるため、短い結合領域で光結合が可能である。

【0010】特に、2本の光導波路が、結合領域の中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるようにパターン形成され、かつ光結合層が結合領域の中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚が調製されたものとする、入力ポートから入力された光が結合領域に入る点で光結合層を設けたことに起因する無用な反射や散乱を起こすことなく、損失の少ない方向性結合器が得られる。

【0011】またこの発明の方法によると、光導波路となる高屈折率の層をパターンニングする際に、耐エッチングマスクの間隔の小さい領域でエッチング速度が遅くなるというエッチング特性を利用することにより、一回のエッチング工程で、不均一間隔を持つ結合領域の間に光導波路と同じ層からなる光結合層を、結合領域の中央部で最も厚く、ここから離れるにつれて薄くなるように自動的に層厚調製された状態で形成することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施例を説明する。図1はこの発明の一実施例に係る方向性結合器を示すもので、(a)は平面図、(b)は(a)のA-A'断面図、(c)は同じくB-B'断面図であり、(d)は同じくC-C'断面図である。

【0013】図に示すようにこの方向性結合器は、基板11上に、基板より高屈折率材料からなる2本の光導波路12、13が配設されて構成される。2本の光導波路12、13は、図1(a)のa点とc点の間の距離Lで示す結合領域において、その中央部(b点)、即ちB-B'断面位置で間隔が最小となり、ここから離れるにつれて間隔が広がるように、滑らかな円弧状パターンを描いて形成されている。

【0014】2本の光導波路12、13の結合領域には、これら2本の光導波路12、13の底部を連結するように光結合層14が形成されている。光結合層14は、光導波路層12、13と同じ屈折率の層、この実施例の場合光導波路12、13と同じ材料層により形成されている。またこの光結合層14は、図1(a)に示すように、2本の光導波路12、13の結合領域の中央部b点で最も厚く、ここから離れるにつれて薄くなるように層厚が調製されている。

【0015】具体的にこの実施例の方向性結合器は、例えば基板11として石英基板を用い、光導波路12、13としてガラス層を用いて作ることができる。この材料系の他、基板11としてGaAs基板(屈折率 $n_1 = 3.55$)を用い、光導波路12、13および光結合層14としてAlGaAs層(屈折率 $n_2 = 3.6$)を用いて作ることができる。あるいはまたガラス基板(屈折率1.5)を用い、光導波路12、13および光結合層14をZnS層(屈折率2.29)を用いて作ることもできる。

【0016】石英基板を用いた場合のこの実施例の方向性結合器の製造工程を、図2を用いて説明する。図2は、図1(c)の断面での製造工程を示している。図2(a)に示すように石英からなる基板11上全面に、光導波路層となるガラス層20を形成し、次いで図2(b)に示すように、ガラス層20上に、例えばアモルファスSiからなるマスク材を堆積し、通常のリソグラフィ工程を経て、マスク材をパターンニングして、図1で説明した2本の光導波路12、13と同じパターンで耐エッチングマスク21、22を形成する。そして、反応性イオンエッチング(RIE)法によりガラス層20を選択エッチングして、図2(c)に示すように、2本の光導波路12、13をパターン形成する。最後に図2(d)に示すように、耐エッチングマスク21、22を除去する。

【0017】上述の反応性イオンエッチングは、耐エッチングマスクに挟まれた狭い領域ではエッチング速度が低く、 $2\mu\text{m}$ 以下の幅の領域はきれいにエッチングすることができなくなるというエッチング特性を示す。この実施例ではこのエッチング特性を利用することにより、図2(c)に示すように、2本の光導波路12、13の間は、間隔が大きい領域ではガラス層20がきれいに除去され、結合領域においては、間隔に応じて層厚が変化

THIS PAGE BLANK (USPTO)

するガラス層20が残った状態、即ち前述した層厚分布を持つガラス層による光結合層14を得ることができる。

【0018】図3(a)、(b)は、それぞれ従来の方向性結合器とこの実施例の方向性結合器について、結合領域の断面とこの断面での電界分布を示している。従来の方向性結合器では、光導波路断面が正方形であれば、図3(a)に示すように横方向電界はほぼ円形になり、漏れ電界の重なりによって結合が生じることになる。これに対してこの実施例の場合、光導波路12、13の底部を連結するように光結合層14が設けられている結果、図3(b)に示すように導波光の電界は横方向に広がって楕円形状になり、結合領域の中央部b点では二つの光導波路12、13がほぼ一体になって大きく結合される。従って、一方の入力ポートIN1から入力された光信号は、1:1で分岐されて二つの出力ポートOUT1、OUT2に取り出される。他方の入力ポートIN2に光信号が入力された場合も同様である。

【0019】また、従来の構造では、光導波路から結合領域に滲み出す電界とその干渉は、光導波路とその周囲の屈折率の相違、および光導波路境界での入射角等に依存するため、波長依存性を有し、ある波長成分について1:1の分配が行われるように結合領域を設計したとき、他の波長では分配比が1:1にならない。これに対してこの実施例の場合、二つの光導波路12、13の間は光結合層14を通して、波長に関係なく直接の結合が生じるため、波長依存性が少ない。従って図6に示したような光分配システムに適用して、異なる波長の信号光をいずれも均等に分配することが可能になる。

【0020】更に、光結合層14がもし、結合領域の端部、即ち図1(a)のa点、c点においてステップ状に立上がる一定層厚で形成されたとすると、これらa、c点での構造の急激な変化による光の反射、散乱があるため、光の損失が生じる。これに対してこの実施例においては、二つの光導波路12、13を結合領域において滑らかな曲線で漸近させるパターンとすることにより、図1(a)に示すように、光結合層14はa点およびc点からb点に向かって連続的に層厚が増加するように層厚が調製される結果、結合に伴う光損失が小さいものとなる。しかもこの実施例の方法によれば、光導波路をパターンニングする一回のエッチング工程で、自然にその様な光結合層の層厚分布を得ることができる。

【0021】この発明は上記実施例に限られない。例えば実施例では、光導波路12、13および光結合層14の上部および側部は空気に接するようにしたが、図4に

示すように光導波路12、13および光結合層14を覆うようにこれらより低屈折率のクラッド層41を設けた構造としても良い。なお図4は、図1(b)の断面に対応する断面を示している。また、2本の光導波路は結合領域に設けられる光結合層の層厚を一定として、これら2本の光導波路を中央部で間隔が最小になり中央部から離れるにつれて間隔が大きくなるようなパターンとすること、あるいは、2本の光導波路の結合領域の間隔は一定として、これらの間に結合領域の中央部で最も厚く中央部から離れるにつれて薄くなるように層厚調製された光結合層を設けることによっても、一定の効果が得られる。また上に説明した材料系の他、LiNbO₃基板にTi拡散層により光導波路を形成する場合等にも同様にこの発明を適用することが可能である。

【0022】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、2本の光導波路の結合領域にこれら2本の光導波路の底部を連結する光導波路と同じ屈折率の光結合層を設けることにより、波長依存性の少ない光分岐が可能で、かつ小型化を図った光集積回路に適した方向性結合器が得られる。また2本の光導波路を結合領域の中央部で間隔が最小になるようにパターン形成すると共に、光結合層を結合領域の中央部で最も厚くなるように層厚調製されたものとする事で、損失の小さい方向性結合器を得ることができる。

【0023】またこの発明の方法によれば、光導波路のパターンニング工程で、耐エッチングマスク間隔の小さい領域でエッチング速度が遅くなるというエッチング特性を利用することにより、一回のエッチング工程で不均一間隔を持つ結合領域の中央部で最も厚くなるような層厚分布をもつ光結合層を形成することができ、これにより小型化と同時に損失低減を図った方向性結合器を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の一実施例に係る方向性結合器の構造を示す。

【図2】 同実施例の方向性結合器の製造工程を示す。

【図3】 従来の方向性結合器と実施例の方向性結合器の光結合の様子を示す。

【図4】 この発明の他の実施例による方向性結合器の構造を示す。

【図5】 従来の方向性結合器を示す。

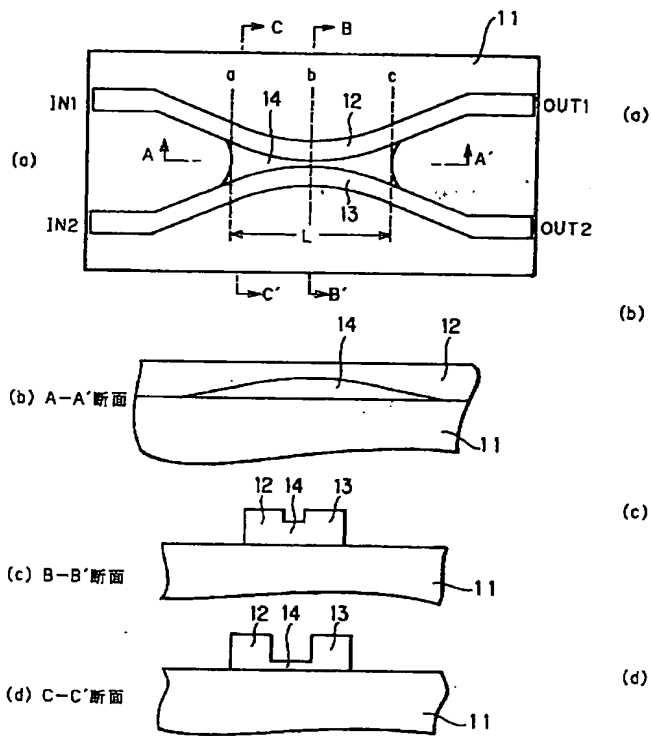
【図6】 光分配システムの例を示す。

【符号の説明】

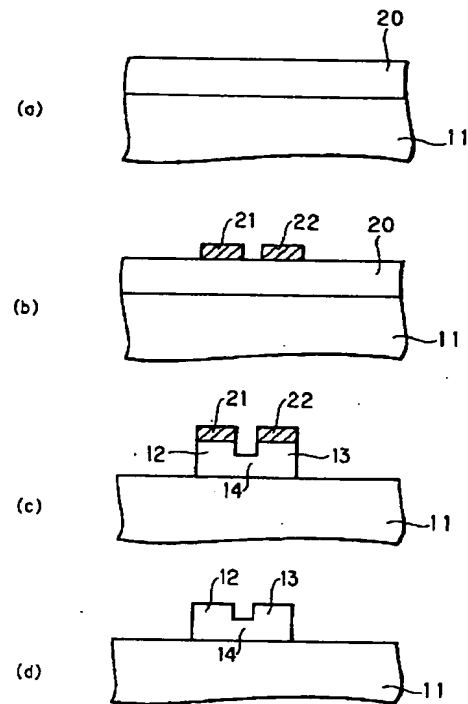
11…基板、12、13…光導波路、14…光結合層。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

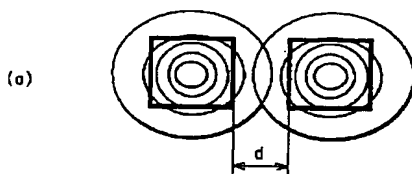
【図1】



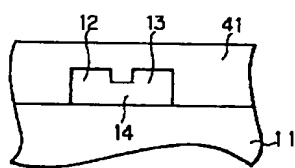
【図2】



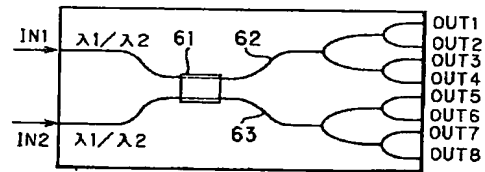
【図3】



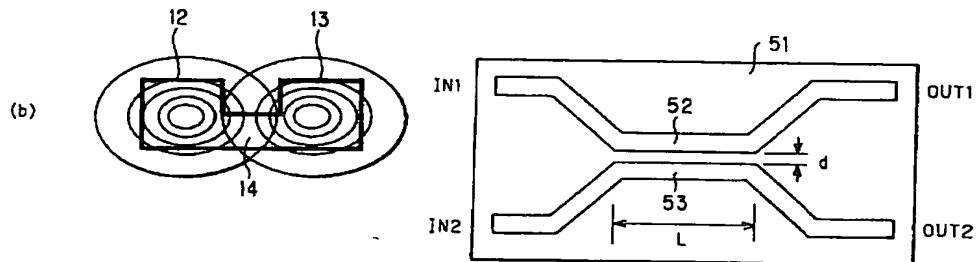
【図4】



【図6】



【図5】



THIS PAGE BLANK (USPTO)